

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«__»_____ 2026 р.
Зав. кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)
Володимир ДІДУР
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення технології поточного ремонту дизельних двигунів з розробкою пристосувань для монтажно -демонтажних робіт»

Виконав: студент 3 курсу, групи 3Зк-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Машинський Дмитро Олегович
(прізвище та ініціали)
Керівник доцент Петриченко Є.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 Факультет інженерних технологій та професійної освіти
 Кафедра агроінженерії

Освітня програма _____ «Бакалавр»
 Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія»
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Володимир ДІДУР
 «__» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

_____ Машинському Дмитру Олеговичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Удосконалення технології поточного ремонту дизельних двигунів з розробкою пристосувань для монтажних -демонтажних робіт»

керівник проекту Петриченко Євгеній Анатолійович, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 01 ” _____ травня _____ 2026 р. № 01-06/129

2. Строк подання студентом проекту _____ 18.05.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: основні технічні характеристики об'єкта ремонту; характеристика умов роботи та основних пошкоджень

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.

5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; технологія розбирання головки блока циліндрів; технологічний процес відновлення ГБЦ з усуненням пошкоджень клапанних гнізд; будова та принцип роботи пристосування; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025 р.	
2.	Розділ 1. Технологічні основи ремонту (відновлення) конструктивних елементів машин	19.11.2025 р.	
3.	Розділ 2. Конструкторсько-технологічний розділ	18.12.2025 р.	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026 р.	
5.	Розділ 4. Техніко-економічна частина	09.03.2026 р.	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026 р.	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026 р.	

Студент

(підпис)

Машинський Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Петриченко Є.А.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ)	
КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН	5
1.1 Функціональне призначення і основні технічні характеристики об'єкта ремонту..	5
1.2 Характеристика умов роботи та основних пошкоджень	8
1.3 Висновки, мета та задачі кваліфікаційної роботи.....	11
2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	12
2.1 Проектування технології поточного ремонту головки циліндрів двигуна Д-240 ..	12
2.2 Узагальнена технологія виконання поточного ремонту головки циліндрів двигуна Д-240	13
2.3 Технологія розбирання головки блока циліндрів	14
2.4 Послідовність виконання дефектування деталей ГБЦ.....	16
2.5 Розробка технологічного процесу відновлення ГБЦ з усуненням пошкоджень клапанних гнізд.....	18
2.6 Функціональне призначення пристосування	23
2.7 Конструктивна характеристика пристосування.....	25
2.8 Схема роботи знімача	26
2.9 Заходи безпеки під час експлуатації пристосування.....	27
2.10 Регламент технічного обслуговування пристосування.....	28
2.11 Силловий розрахунок оснастки.....	28
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	32
3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів виробництва	32
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	34
4.1 Визначення техніко-економічного критерію	34
ВИСНОВОК.....	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	36

1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ) КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН

1.1 Функціональне призначення і основні технічні характеристики об'єкта ремонту

На тракторах МТЗ-80, МТЗ-82, МТЗ-80Л і МТЗ-82Л застосовуються чотирициліндрові чотиритактні дизельні двигуни потужністю 80 к. с.. Для цих моделей використовують двигуни Д-240 з електростартерним запуском та Д-240Л з пусковим двигуном.

У двигуні реалізовано нерозділену камеру згоряння з об'ємно-плівковим способом сумішоутворення. Одна частина впорскуваного палива розподіляється в об'ємі камери згоряння, а інша осідає на її поверхні у вигляді тонкої плівки. Завдяки шатровій формі камери створюються сприятливі умови для завихрення повітря та якісного змішування паливоповітряної суміші. Послідовний розвиток процесу згоряння забезпечує плавне наростання тиску в циліндрі, що позитивно впливає на економічність роботи двигуна та зменшує ударні навантаження на кривошипно-шатунний механізм.

На рисунку 1.1 подано загальний вигляд двигуна Д-240, який дає уявлення про зовнішню будову двигуна та взаємне розташування його основних і допоміжних елементів. Конструктивно двигун складається з кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів, а також систем мащення, охолодження, живлення та пуску.

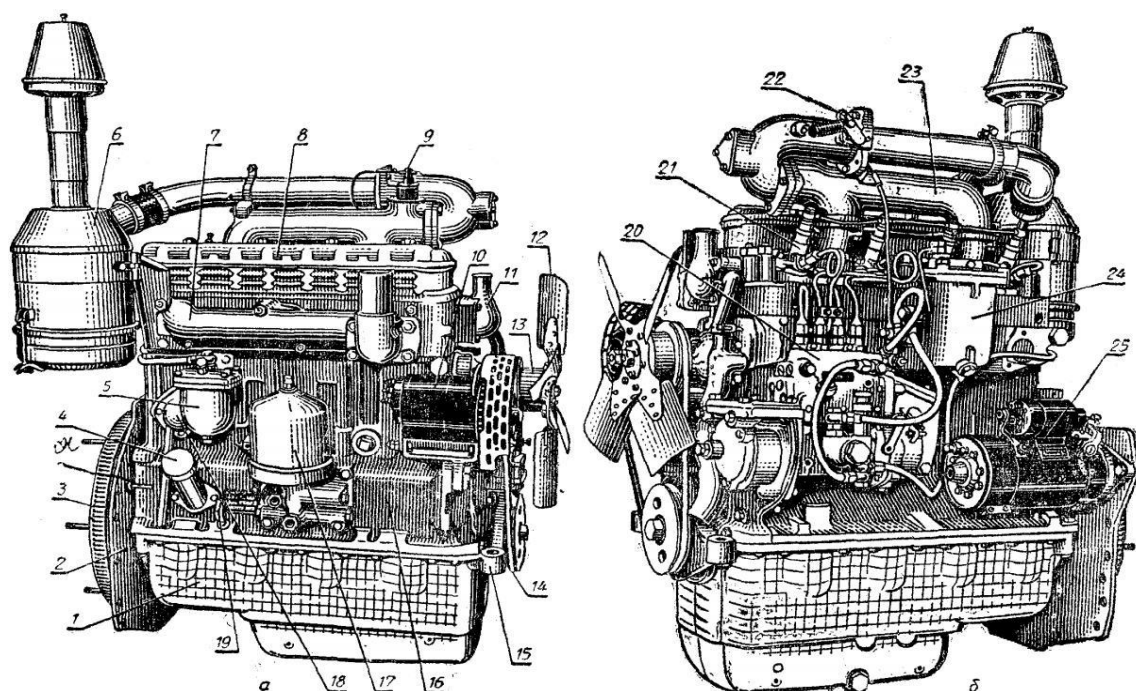


Рисунок 1.1 – Двигун Д-240:

а – вигляд справа; б – вигляд зліва: 1 – піддон блок-картера; 2 – задній лист; 3 – вінець маховика; 4 – маслозаливна горловина; 5 – фільтр грубого очищення палива; 6 – повітроочисник; 7 – випускний колектор; 8 – головка блока циліндрів; 9 – електрофакельний підігрівач; 10 – генератор; 11 – корпус термостата; 12 – вентилятор; 13 – водяний насос; 14 – ремінь вентилятора; 15 – передня опора; 16 – блок-картер; 17 – відцентровий масляний фільтр; 18 – сапун; 19 – масловимірювальна лінійка; 20 – паливний насос; 21 – форсунка; 22 – механізм аварійної зупинки; 23 – впускний колектор; 24 – фільтр тонкого очищення палива; 25 – стартер.

Головка циліндрів (див. рис. 1.2) являє собою чавунну литу деталь 21, яка встановлюється у верхній частині блока циліндрів і закріплюється шістнадцятьма шпильками [1–6]. Затягування гайок шпильок виконують динамометричним ключем у визначеній послідовності. Між привалювальними поверхнями блока і головки розміщується спеціальна азбосталева прокладка, що забезпечує герметичність з'єднання.

Внутрішня порожнина головки циліндрів утворює водяну сорочку, по каналах якої охолоджувальна рідина, що надходить із блока циліндрів, спрямовується до найбільш теплонапружених зон, зокрема до перемичок між клапанами та форсунками. У верхній частині головки встановлюється клапанний механізм, кришка головки 22, до якої приєднується впускний колектор 25, а також ковпак кришки 23, який закриває клапанний механізм.

З лівого боку головки розміщено чотири латунні стаканчики, призначені для встановлення форсунок і покращення умов їх охолодження. З правого боку до головки кріпиться випускний колектор.

У нижній частині головки (рис. 1.3) виконані розточення під гнізда впускних і випускних клапанів. У канали над цими гніздами запресовують біметалічні напрямні втулки клапанів 10.

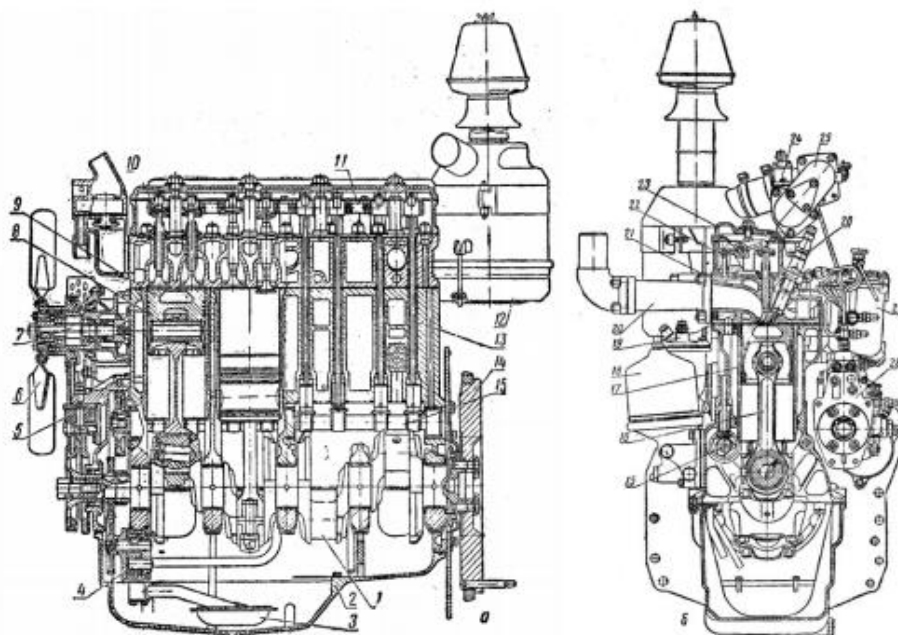


Рисунок 1.2 – Конструктивна схема двигуна Д-240:

а – поздовжній розріз; б – поперечний розріз:

1 – колінчастий вал; 2 – масляний картер; 3 – маслоприймач; 4 – масляний насос; 5 – амортизатор; 6 – вентилятор; 7 – водяний насос; 8 – поршневий палець; 9 – поршень; 10 – клапан; 11 – валик коромисел; 12 – повітроочисник; 13 – штанга; 14 – маховик; 15 – розподільний вал; 16 – шатун; 17 – гільза; 18 – масляний фільтр; 19 – фільтр грубого очищення палива; 20 – випускний колектор; 21 – головка циліндрів; 22 – кришка головки; 23 – ковпак кришки; 24 – електрофакельний підігрівач; 25 – впускний колектор; 26 – форсунка; 27 – фільтр тонкого очищення палива; 28 – паливний насос.



Рисунок 1.3 – Головка блока циліндрів двигуна Д-240

Основні технічні та регульовальні параметри деталей головки циліндрів і газорозподільного механізму двигуна Д-240 тракторів МТЗ-80 характеризуються такими значеннями: номінальне виступання стрижня клапана — 56,0 мм, допустиме — 57,2 мм; номінальне переміщення клапана — 10,2 мм, допустиме — 9,0 мм; допустиме

відхилення від площинності поверхні головки — не більше 0,15 мм; номінальне потопання тарілки клапана — 0,4–0,7 мм, допустиме — 1,8 мм; допустимий внутрішній діаметр втулки клапана — 11,10 мм; допустима сила стискування зовнішньої пружини — 148 Н при робочій довжині 54,0 мм; допустима сила стискування внутрішньої пружини — 74 Н при робочій довжині 48,5 мм; допустимий діаметр стрижня клапана — 10,85 мм; внутрішній діаметр втулки коромисел — 19,02–19,05 мм; діаметр осі коромисел — 18,98–19,00 мм.

1.2 Характеристика умов роботи та основних пошкоджень

Двигун є одним із найскладніших і найвідповідальніших агрегатів автомобіля, технічний стан якого істотно впливає на основні експлуатаційні та економічні показники машини [1–5].

Газорозподільний механізм призначений для своєчасного впуску повітря в циліндри та випуску відпрацьованих газів. Відкривання і закривання впускних та випускних клапанів здійснюється у строго визначені моменти відносно верхньої і нижньої мертвих точок, які відповідають певним кутам повороту колінчастого вала згідно з діаграмою фаз газорозподілу.

На даному двигуні застосовано верхньоклапанний газорозподільний механізм із нижнім розташуванням розподільного вала. Кулачки розподільного вала у визначеній послідовності діють на штовхачі. Через штанги зусилля передається на коромисла, які, долаючи опір клапанних пружин, відкривають клапани. Закривання клапанів відбувається під дією сили стиснених пружин. Передача крутного моменту на розподільний вал здійснюється від колінчастого вала через шестеренчастий привід агрегатів.

Практика експлуатації свідчить, що основними причинами виходу з ладу головки циліндрів і клапанного механізму є неправильне регулювання та недостатній рівень технічного обслуговування.

Порушення встановленої послідовності затягування болтів головки циліндрів може спричинити деформацію клапанів або заклинювання форсунок, що, у свою чергу, призводить до перебоїв у роботі двигуна.

Деформація клапанів пояснюється тим, що тарілка клапана прилягає до сідла нерівномірно: одна її сторона контактує із сідлом раніше, ніж інша, і відповідно охолоджується інтенсивніше. Унаслідок цього сила притискання клапана з різних боків

стає неоднаковою. Гарячі гази проходять через нещільно прилеглу ділянку, викликаючи додаткове нагрівання та теплове розширення клапана. Це ще більше погіршує його прилягання і в кінцевому підсумку призводить до виходу клапана з ладу.

Поява тріщин між отвором під клапан і форсункою часто пов'язана з перегріванням двигуна, надмірним надходженням палива, частими зупинками перегрітого двигуна, а також із погіршенням якості охолоджувальної рідини. Окрім того, утворення тріщин у цій зоні може бути наслідком частого використання ефіру під час запуску двигуна.

Пошкодження головки циліндрів, наведене на рис. 1.4, є наслідком потрапляння в камеру згоряння сторонніх твердих частинок, зокрема уламків пошкодженого сидла клапана, частин поршня або поршневого кільця [1–5].



Рисунок 1.4 – Пошкодження головки циліндрів, що виникли внаслідок попадання в камеру згоряння частин зруйнованого сидла клапана, поршня або поршневого кільця

Причини пошкодження клапанів і сідел. Посилене спрацювання робочих фасок клапанів і їх сідел виникає внаслідок порушення нормального режиму роботи газорозподільного механізму. До основних причин належать невідповідність зусилля клапанних пружин установленим нормам, збільшення теплових зазорів, тривала робота двигуна на високих обертах та його систематичне перегрівання. Якщо спрацювання характерне лише для впускних клапанів і їх сідел, це зазвичай вказує на надходження забрудненого повітря у циліндри.

Викривлення клапанів може бути наслідком неправильної установки сідел, інтенсивного нагароутворення, недостатнього охолодження, засмічення повітряного тракту, перевантаження двигуна, несправності турбокомпресора, зменшення клапанних зазорів або втрати пружності клапанних пружин.

Білі зольні відкладення, а також нагар на клапанах найчастіше свідчать про

згоряння моторної оливи, яка може потрапляти в камеру згоряння через пошкоджений поршень, спрацьовані маслоснімні кільця, тріщини в гільзі циліндра, підвищений рівень оливи або зношені елементи клапанного механізму. Для клапана, зображеного на рисунку 1.5, характерні пошкодження фаски та нагар у зоні галтелі, що може бути наслідком порушення регулювання клапанів, неповного згоряння палива, засмічення випускної системи, тривалої роботи двигуна на холостому ході, а також несвоєчасної заміни оливи й фільтра.



Рисунок 1.5 – Клапан із пошкодженням робочої фаски

Пошкодження клапана, зображене на рисунку 1.6, може бути наслідком перегрівання дизельного двигуна, недостатньої інтенсивності охолодження, надмірного надходження палива в камеру згоряння, порушення встановленого моменту впорскування, роботи двигуна з перевантаженням, засмічення впускного повітряного тракту або виходу з ладу турбокомпресора. Тривала експлуатація двигуна за таких умов викликає перегрів сідел клапанів, що з часом призводить до їх пошкодження та прогоряння клапанів.

Характер виникнення тріщин на сідлах клапанів також дає змогу встановити ймовірну причину дефекту. Якщо тріщини виявляються на кількох сідлах одночасно, це, як правило, пов'язано із загальним перегріванням двигуна. Якщо ж пошкодження спостерігається лише на одному сідлі, то ймовірною причиною є порушення технології складання, неспіввісність сідла, неправильне роззенкування або ослаблення його посадки.



Рисунок 1.6 – Клапан із ознаками термічного пошкодження через перегрів двигуна

Посилене зношування напрямної втулки клапана може виникати внаслідок потрапляння абразивних домішок у моторну оливу, недостатнього змащування, перегрівання, овальності сидла клапана, деформації клапанної пружини, а також через неправильну обробку дугової частини коромисла, що контактує з торцем стрижня клапана.

Причинами недостатнього змащування можуть бути зменшений зазор між напрямною втулкою та клапаном, низький рівень оливи в картері двигуна, недостатній тиск оливи через зношування масляного насоса, а також забруднення мастильного матеріалу.

1.3 Висновки, мета та задачі кваліфікаційної роботи

Для головки блока циліндрів двигуна Д-240 найбільш характерними дефектами є жолоблення площини роз'єму, зношування внутрішніх поверхонь напрямних втулок, спрацювання робочих фасок клапанів і їх сидел, поява тріщин у перемичках клапанних гнізд, а також прогоряння посадкових місць під ущільнення форсунок або їх стаканів. Головка блока циліндрів належить до базових і технологічно складних деталей, тому її вартість є досить значною: нова деталь коштує в межах 9500–21800 грн, а відновлена — 4500–9500 грн.

Метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення довговічності складальної одиниці головки блока циліндрів трактора шляхом удосконалення технології ремонту. Для реалізації цієї мети необхідно розробити технологічний процес розбирання складальної одиниці, технологічний процес дефектування деталі, технологію відновлення клапанних гнізд, а також спроектувати спеціальне технологічне оснащення у вигляді ключа для викручування шпильок з ексцентриковим роликом.

2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Проектування технології поточного ремонту головки циліндрів двигуна Д-240

2.1.1 Основні несправності головки циліндрів [1–5]

Головка циліндрів є одним із найбільш відповідальних вузлів двигуна, оскільки саме вона забезпечує герметичність камери згоряння, правильне розміщення клапанного механізму, а також нормальні умови для проходження робочих процесів у циліндрах. У процесі експлуатації двигуна цей елемент зазнає впливу значних механічних і термічних навантажень, дії продуктів згоряння палива, перепадів температури та вібрацій. Усе це з часом спричиняє появу різноманітних пошкоджень і відхилень від нормального технічного стану.

Несправності головки циліндрів та її складових частин істотно погіршують роботу двигуна. Передусім це проявляється у порушенні герметичності циліндрів, зміні нормальної роботи газорозподільного механізму та погіршенні умов наповнення і очищення циліндрів. Унаслідок цього знижується компресія, погіршується процес згоряння паливоповітряної суміші, зменшується ефективна потужність двигуна, підвищується витрата пального та мастильних матеріалів. Крім того, поява дефектів у головці циліндрів часто супроводжується сторонніми стуками, перебоями в роботі двигуна, перегріванням і загальним зниженням надійності силового агрегату.

До найбільш поширених дефектів головки циліндрів належить спрацювання клапанних гнізд. У процесі тривалої роботи двигуна робочі поверхні сідел поступово зношуються, на них утворюються підгоряння, раковини, нерівномірне прилягання та інші пошкодження. Це порушує щільність посадки клапанів і знижує герметичність камери згоряння. Не менш характерним дефектом є зношування отворів напрямних втулок клапанів, унаслідок чого збільшується зазор між втулкою і стрижнем клапана. Такий стан призводить до перекосу клапана під час його переміщення, погіршення ущільнення, підвищеного спрацювання деталей і збільшення витрати мастила.

Досить часто в головках циліндрів спостерігається короблення привалювальної поверхні. Причинами цього можуть бути тривале перегрівання двигуна, нерівномірний розподіл температурних навантажень, порушення правил затягування кріпильних елементів або експлуатація двигуна в перевантаженому режимі. Деформація площини прилягання головки до блока циліндрів викликає погіршення ущільнення прокладки,

прорив газів, витік охолоджувальної рідини або мастила, що, у свою чергу, ще більше ускладнює роботу двигуна.

Поширеними експлуатаційними недоліками є також утворення накипу в порожнинах системи охолодження, накопичення нагару в камері згоряння та на клапанах, а також різноманітні забруднення внутрішніх і зовнішніх поверхонь. Накип погіршує тепловідведення від нагрітих стінок головки циліндрів, що сприяє перегріванню деталі. Нагар, у свою чергу, змінює форму камери згоряння, порушує теплообмін, ускладнює щільне закривання клапанів і може стати причиною локального перегріву окремих ділянок.

До менш поширених, але особливо небезпечних дефектів належать тріщини в стінках головки циліндрів, у перегородках між клапанами, навколо сідел або в зонах різьбових отворів. Такі пошкодження часто виникають унаслідок різких температурних перепадів, перевантаження двигуна, замерзання охолоджувальної рідини або тривалої експлуатації в несприятливих умовах. Тріщини можуть спричинити прорив газів, витік рідини, втрату міцності конструкції та необхідність складного ремонту або повної заміни деталі.

До окремої групи несправностей відносяться пошкодження різьбових отворів, ослаблення посадок клапанних сідел, напрямних втулок, шпильок та інших деталей, а також корозійне руйнування матеріалу. Порушення міцності різьбових з'єднань ускладнює надійне кріплення вузлів, а ослаблення посадок призводить до зміщення або випадіння встановлених елементів під час роботи двигуна. Корозія, особливо за наявності вологи, агресивних домішок і недостатнього технічного обслуговування, поступово знижує міцність матеріалу головки та скорочує строк її служби.

2.2 Узагальнена технологія виконання поточного ремонту головки циліндрів двигуна Д-240

З метою усунення найбільш поширених несправностей та відновлення працездатного стану вузла в роботі запропоновано технологію поточного ремонту головки циліндрів двигуна Д-240. Розроблення такої технології зумовлене необхідністю своєчасного виявлення дефектів, їх якісного усунення та забезпечення надійної подальшої експлуатації двигуна. У межах дипломного проєкту ця технологія подана у формі технологічних карт, які визначають зміст, послідовність і порядок виконання всіх основних ремонтних операцій [1–5].

Технологічні карти є важливим елементом організації ремонтного процесу, оскільки вони дають змогу систематизувати виконання робіт, установити раціональну черговість операцій, підібрати необхідне обладнання, інструмент і пристрої, а також забезпечити дотримання встановлених технічних вимог. Їх використання сприяє підвищенню якості ремонту, зменшенню ймовірності технологічних помилок і скороченню непродуктивних витрат часу під час відновлення деталі.

Запропонована технологія поточного ремонту охоплює комплекс послідовних операцій, починаючи з очищення головки циліндрів від забруднень, нагару та залишків експлуатаційних відкладень. Після цього виконують розбирання вузла, дефектування його елементів, перевірку технічного стану привалювальної поверхні, клапанних гнізд, напрямних втулок, різьбових отворів та інших відповідальних ділянок. За результатами дефектування приймають рішення щодо доцільності відновлення окремих поверхонь, заміни зношених деталей або виконання додаткових обробних операцій.

Особливе значення у структурі поточного ремонту має відновлення герметичності клапанного механізму, оскільки саме від його технічного стану значною мірою залежить нормальна робота двигуна. Тому технологія передбачає виконання робіт, пов'язаних із перевіркою та відновленням клапанів, сідел і напрямних втулок, а також контролем якості прилягання робочих поверхонь. Крім того, передбачаються операції з перевірки площинності поверхні головки, очищення каналів системи охолодження та мащення, а також усунення дрібних пошкоджень, що можуть негативно впливати на експлуатаційні показники двигуна.

Після завершення ремонтно-відновлювальних операцій виконують складання головки циліндрів, контроль правильності встановлення деталей і перевірку її технічного стану відповідно до вимог нормативно-технічної документації. Завершальним етапом є контроль якості виконаного ремонту, який підтверджує придатність вузла до подальшої експлуатації.

2.3 Технологія розбирання головки блока циліндрів

Розбирання головки блока циліндрів виконують у чітко визначеній технологічній послідовності, що забезпечує безпечне зняття всіх деталей, запобігає їх пошкодженню та створює умови для подальшого дефектування і ремонту. Дотримання встановленого порядку виконання операцій є важливою умовою якісного проведення ремонтних робіт, оскільки порушення послідовності розбирання може призвести до деформації окремих

елементів, пошкодження різьбових з'єднань або втрати дрібних деталей клапанного механізму.

На початковому етапі розбирання знімають кришку механізму газорозподілу, після чого перевіряють взаємне розташування деталей приводу. Для правильного подальшого складання суміщають установні мітки на шестерні та корпусі розподільного вала, що дає змогу зафіксувати початкове положення механізму. Далі послаблюють натяг приводу і демонтують шестерню, після чого послідовно знімають корпус підшипників та важелі клапанного механізму. Усі демонтовані деталі доцільно складати в порядку зняття, щоб полегшити подальше комплектування під час складання вузла.

Перед зняттям головки блока циліндрів обов'язково виконують підготовчі операції. Насамперед із системи охолодження зливають охолоджувальну рідину, що унеможлиблює її потрапляння на робоче місце та в порожнини двигуна. Після цього від'єднують електропроводку, патрубки, шланги, а також елементи систем живлення, охолодження і випуску відпрацьованих газів. Особливу увагу приділяють акуратності від'єднання трубок і штуцерів, щоб уникнути пошкодження різьби, ущільнювальних поверхонь та самих з'єднувальних елементів.

Після виконання підготовчих робіт головку блока циліндрів знімають із двигуна та встановлюють на спеціальну підкладку або стенд, який забезпечує її стійке положення і зручність подальшого розбирання. Це особливо важливо для запобігання пошкодженню привалювальної площини та інших оброблених поверхонь. Далі з головки демонтують впускний і випускний колектори, патрубки, кріпильні елементи, а також регульовальні пристрої, якщо вони передбачені конструкцією.

Наступним етапом є розбирання клапанного механізму. Для цього використовують спеціальне пристосування, за допомогою якого стискають клапанні пружини. Після стискання пружин витягують сухарі, що фіксують тарілку пружини на стрижні клапана. Далі послідовно знімають тарілки пружин, самі пружини, опорні шайби та інші супровідні елементи. Після цього виймають клапани з напрямних втулок, дотримуючись обережності, щоб не пошкодити робочі фаски та стрижні. Завершують операцію демонтажем масловідбивних ковпачків, які підлягають огляду, а в більшості випадків — заміні новими.

У процесі розбирання всі деталі підлягають попередньому огляду та сортуванню. Їх очищають від нагару, мастильних відкладень і забруднень, після чого визначають

технічний стан кожного елемента. Такий підхід дає змогу не лише правильно організувати подальше дефектування, а й своєчасно виявити найбільш зношені або пошкоджені деталі, що потребують відновлення чи заміни.

2.4 Послідовність виконання дефектування деталей ГБЦ

Перед початком дефектації головку циліндрів установлюють на спеціальну підставку, виконану у вигляді металевої або дерев'яної рамки. Після цього з поверхонь камер згоряння та стінок випускних каналів видаляють нагар за допомогою металевої щітки або електричного дреля з відповідною насадкою [1–5]. Далі очищають і оглядають впускні канали, а також канали підведення оливи до важелів приводу клапанів.

У випадках, коли під час експлуатації спостерігалось потрапляння охолоджувальної рідини в мастило, необхідно перевірити герметичність головки циліндрів. Для цього на головку встановлюють заглушки з прокладками, що входять до комплекту пристосування А.60344, після чого нижню плиту закріплюють болтами. Далі монтують фланець зі штуцером для подачі води і за допомогою насоса створюють усередині головки тиск 5 кгс/см². Протягом 2 хвилин не повинно спостерігатися витікання води з головки циліндрів.

Герметичність головки можна також перевірити стисненням повітрям. У цьому разі на головку встановлюють елементи, що входять до комплекту пристосування А.60334, після чого її занурюють у ванну з водою, нагрітою до температури 60–80 °С, і витримують приблизно 5 хвилин для прогрівання. Після цього всередину головки подають стиснене повітря під тиском 1,5–2 кгс/см². Упродовж 1–1,5 хвилини не допускається вихід повітря з головки. Якщо виявлено тріщини, головку циліндрів підлягає заміні.

Різноманітність об'єктів контролю в ремонтному виробництві зумовлює необхідність використання широкого спектра контрольно-вимірювальних засобів — від простих вимірювальних інструментів до спеціалізованих приладів і пристроїв. За призначенням засоби вимірювання поділяють на такі групи: для вимірювання лінійних розмірів деталей; для визначення відхилень форми; для контролю відхилень розташування; для оцінки шорсткості поверхні; комплексні засоби вимірювань; прилади для контролю твердості поверхонь; засоби виявлення прихованих дефектів деталей.

Окрім цього, засоби вимірювання класифікують за типами: міри, калібри, універсальні та спеціальні вимірювальні інструменти. Вибір конкретного засобу вимірювання залежить від низки чинників, серед яких метод вимірювання, точність обробки контрольованого розміру, конфігурація поверхні та інші особливості деталі.

З урахуванням зазначених факторів для дефектації головки блока циліндрів двигуна Д-240 підбирають відповідний вимірювальний інструмент. Отримані результати доцільно звести до таблиці дефектів із зазначенням способів їх виявлення та контролю. Саме правильний і раціональний вибір вимірювального інструменту значною мірою визначає якість та ефективність усього процесу дефектації.

Для виявлення дефектів, передбачених завданням, можна застосовувати такий інструмент: штангенрейсмас ШРК-250-0,02 за ГОСТ 164-90 з граничною похибкою вимірювання ± 5 мкм; нутромір НІ 18–50–2 за ГОСТ 868-82; нутромір НІ 10–18–1 за ГОСТ 868-82; шорсткість поверхні визначають шляхом порівняння із зразками шорсткості за ГОСТ 9378-75.

Перевірку деформації площини роз'єму виконують за допомогою калібру або щупа. У разі значного викривлення площини, а також при виявленні корозії чи подряпин головку циліндрів необхідно прошліфувати.

Для перевірки герметичності головки циліндрів створюють всередині неї тиск 275,8 кПа та занурюють її у воду. Вихід бульбашок повітря в місцях з'єднання напрямних втулок і сідел клапанів із головкою не допускається. Іншим способом є заповнення головки водою з подальшим створенням тиску 275 кПа і нагріванням до температури 127 °С, після чого виконують обдування стисненим повітрям.

Технологічний маршрут дефектації деталі

Під час проєктування технологічного процесу дефектації складають карту технологічного процесу дефектування деталі [1, 6–17]. Засоби контролю, тобто обладнання та вимірювальний інструмент, для кожного дефекту систематизують і подають у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Таблиця дефектів, способів виявлення їх та контролю

№	Можливі дефекти та вибракувальні ознаки	Засоби контролю	Розміри, мм		Висновок
			За робочим кресленням	Допустимий без ремонту	
1	Знос напрямних втулок клапанів	Нутромір ГОСТ 868—82\НІ 10 - 18 - 1	$\varnothing 11h8_{-0.027}$	$\varnothing 10,97$	ремонтувати

2	Знос сидел клапанів (ризки, задири)	Нутромір ГОСТ 868—82\НИ 18 - 50 - 2	-	-	ремонтувати
3	Деформація привальної площини головки	Штангенрейсмас ГОСТ 164-90\ШРК-250-0,02	100-0,035	99,8	ремонтувати
4	Ослаблення посадки напрямних втулок	Простукуванням	Ø 18 ^{+0,018}	Ø 18,05	ремонтувати
5	Зрив різьблення під форсунку	Пробка різьбова ГОСТ 18924-73\8225-0313	-	-	ремонтувати
6	Тріщина на Головці блоку циліндрів	Дефектоскоп ОН- 327 НПО	Не більше 25 мм		ремонтувати

2.4.1 Технологічний маршрут дефектації

005. Дефектувальна операція: На даній операції виконують зовнішній огляд деталі та контроль дефектоскопом для виявлення тріщин і втомних руйнувань.

Обладнання: дефектоскоп ОН-327 НУО.

010. Дефектувальна операція: У процесі дефектування визначають: зношування напрямних втулок клапанів до Ø10,97 мм; наявність задирок і рисок на гніздах клапанів; деформацію привальної площини головки до 99,8 мм; ослаблення посадки напрямних втулок до Ø18,05 мм; зрив різьби під форсунку більше ніж на два витки; наявність тріщин на головці блока довжиною менше 25 мм.

Обладнання: нутроміри ГОСТ 868-82 НІ 10–18–1 і НІ 18–50–2, штангенрейсмас ГОСТ 164-90 ШРК-250-0,02, дефектоскоп ВІН-327 ГОСТ 18924-73 / 8225-0313.

2.5 Розробка технологічного процесу відновлення ГБЦ з усуненням пошкоджень клапанних гнізд

Найменший показник техніко-економічної ефективності має спосіб відновлення шляхом обробки під номінальний розмір. Разом із тим цей метод не потребує застосування складного та дорогого обладнання, характеризується достатньою продуктивністю і є технологічно доцільним. Тому для усунення дефектів 1 і 3 остаточно приймаємо спосіб обробки під номінальний розмір.

Метод відновлення із застосуванням додаткових ремонтних деталей також є досить продуктивним, хоча потребує дещо більших витрат. У зв'язку з цим для усунення дефектів 2, 4 і 5 доцільно обрати саме спосіб додаткових ремонтних деталей

(ДРД). Для відновлення тріщин пропонується застосовувати зварювання електродом ПАНЧ-11.

Головки блока циліндрів, що надходять у ремонт, як правило, мають деформовані базові площини, а можливість їх виправлення механічною обробкою обмежується допустимими розмірами деталі. Тому під час ремонту головки блока циліндрів необхідно формувати нові бази.

У процесі ремонту головки циліндрів необхідно забезпечити правильне взаємне розташування привалювальної площини кріплення до блока циліндрів, площини кріплення кришки коромисел, осей напрямних втулок і сідел клапанів. Унаслідок деформацій, що виникають під час експлуатації, зазначені поверхні й осі втрачають правильну орієнтацію одна відносно одної.

Для забезпечення необхідної точності взаємного розташування робочих поверхонь головки циліндрів її базування при виконанні окремих операцій механічної обробки під час ремонту здійснюють у певній послідовності. Спочатку випресовують напрямні втулки клапанів. Далі виправляють фаски базових отворів на привалювальних площинах кріплення головки до блока циліндрів і кришки коромисел. Після цього, використовуючи як базу отвори привалювальної площини кріплення головки до блока циліндрів, отвори під крайні втулки та торці сідел клапанів, обробляють площину кріплення кришки коромисел. Саме ця оброблена площина надалі використовується як основна база при механічній обробці всіх інших робочих поверхонь головки циліндрів.

Після запресування нових напрямних втулок клапанів отвори втулок і сідел клапанів одночасно зенкерують і розточують, базуючись на вже оброблену площину кріплення кришки коромисел, два базові отвори на цій площині та зовнішню поверхню прямої втулки клапана.

Цю ж площину разом із базовими отворами площини кріплення кришки коромисел використовують і як базу під час обробки привалювальної площини кріплення головки до блока циліндрів.

Відповідно до прийнятих рекомендацій ремонт головки блока циліндрів доцільно виконувати в такій послідовності:

- заміна або відновлення напрямних втулок клапанів. У разі заміни для забезпечення необхідного натягу в з'єднанні «втулка — головка» головку попередньо нагрівають. У разі відновлення зменшують діаметр отвору під стрижень клапана

шляхом поетапного розкочування твердосплавним роликом з подальшою обробкою розгорткою для відновлення циліндричності;

- заміна і (або) відновлення фасок сідел клапанів. При заміні сідел їх посадочні місця розточують до ремонтного розміру, самі сідла охолоджують у рідкому азоті, а головку нагрівають;

- вирівнювання привалювальної площини шляхом фрезерування або шліфування при наявності її деформації.

Таким чином, з урахуванням наведених рекомендацій складаємо детальний маршрут відновлення головки блока циліндрів двигуна Д-240 і подаємо маршрутний опис технологічного процесу відновлення:

- 005 Слюсарна (дефект 6) – засвердлити тріщину по краях і підготувати її кромки;

- 010 Слюсарна (дефекти 2, 4) – випресувати напрямні втулки клапанів та замінити їх новими;

- 015 Свердлильна (дефекти 2, 4) – розгорнути отвори втулок;

- 020 Свердлильна (дефект 5) – просвердлити різьбовий отвір;

- 025 Зварювальна (дефект 6) – заварити тріщину електродом ПАНЧ-11;

- 030 Слюсарна (дефект 5) – нарізати різьбу ремонтного розміру, установити різьбову вставку, видалити технологічний повідець і зачистити зварні шви;

- 035 Слюсарна (дефект 1) – обробити фаски сідел клапанів пристосуванням Neway;

- 040 Плоскошліфувальна (дефект 3) – прошліфувати привалювальну площину до повного усунення слідів спрацювання;

- 045 Контрольна – виконати контроль параметрів відновленої деталі.

Під час розроблення маршрутної карти за всіма виявленими дефектами визначають послідовність виконання операцій технологічного процесу відновлення [1, 6–17].

2.5.1 015 Свердлильна

Для визначення норми часу на виконання свердлильної операції приймаємо вертикально-свердлильний верстат 2А135. Згідно з технологічним маршрутом, у межах усунення дефекту 2 необхідно виконати розгортання отвору до розміру Ø11–0,027. Як

пристосування використовують свердлильний патрон ГОСТ 2571-71, а як різальний інструмент — розгортку зі сталі 9ХС ГОСТ 10080-71\2373-0151.

Глибина різання: $t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 4 = 2$ мм,

Подача: $s'' = 0,11$ мм/об;

Швидкість різання: $V_o'' = 31$ м/с;

З урахуванням $k_{\text{мр}}$: $V_o'' = 31 \cdot 0,8 = 24,8$ м/с.

Обертова швидкість шпинделя:

$$n' = \frac{318 \cdot V_o}{D} \quad (2.1)$$

$$n' = \frac{318 \cdot 24,8}{11} = 716,9 \text{ об/хв}$$

Згідно з паспортними даними вертикально-свердлильного верстата 2Н125 для подальших розрахунків приймаємо частоту обертання шпинделя

$n = 720$ об/хв. На підставі цього значення визначаємо норму часу виконання операції:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot s} \quad (2.2)$$

де L — розрахункова глибина обробки, яка включає робочу довжину різання, а також величину врізання і виходу інструмента.

$$L' = 53 + 2,5 = 55,5 \text{ мм}$$

У даному випадку 2,5 мм враховують як величину виходу свердла, а 1,6 мм — як глибину зенкування з обох боків отвору. Для виконання свердління приймаємо:

$$T_o' = \frac{55,5}{720 \cdot 0,15} = 0,5 \text{ хв}$$

Відповідно до нормативних таблиць для обраного верстата та встановлених режимів обробки допоміжний час на один прохід приймаємо рівним 0,26 хв.

Після цього визначаємо оперативний час виконання операції:

$$T_{\text{оп}} = 0,5 + 0,26 = 0,76 \text{ хв}$$

Величину додаткового часу визначаємо як 13 % від оперативного часу виконання операції:

$$T_{\text{дод}} = 0,76 + 0,13 = 0,89 \text{ хв}$$

Величину підготовчо-завершального часу визначаємо як 2 % від оперативного часу виконання операції:

$$T_{\text{пз}} = 0,02 \cdot 0,76 = 0,0152 \text{ хв}$$

Після визначення всіх складових розраховуємо норму часу на виконання даної операції:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_v + T_{\text{дод}} + T_{\text{пз}} \quad (2.3)$$

$$T_{\text{шт}} = 0,76 + 0,08 + 0,013 = 0,85 \text{ хв}$$

2.5.2 Зварювальна 025

Для відновлення тріщин у головці блока циліндрів передбачено застосування зварювання електродом ПАНЧ-11. Для виконання цієї операції використовують зварювальний трансформатор ТДМ-165У2, робоче місце зварювальника С10020 та лещата відповідно до ГОСТ 21168-75.

Як присадний матеріал застосовують дріт ПАНЧ-11 діаметром 1,2 мм за ТУ 48-21/ОП-100-76. Режим зварювання приймають таким: полярність — зворотна, сила струму — 120 А, напруга — 20 В, швидкість наплавлення — 0,5 м/хв.

Після вибору обладнання, матеріалу та режимів роботи визначають норми часу на виконання зварювальної операції.

Основний час зварювання:

$$T_o = \frac{60 \cdot M \cdot K_1 \cdot K_2}{\alpha \cdot I} \quad (2.4)$$

де M — маса наплавленого металу, г;

K_1 і K_2 — поправочні коефіцієнти, що враховують відповідно просторове розташування та довжину зварного шва;

α — коефіцієнт наплавлення, виражений у г/(А·год);

I — сила зварювального струму, А.

$$T_o = \frac{60 \cdot 18 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{3,2 \cdot 150} = 3,7 \text{ хв}$$

Для даної операції допоміжний час розраховуємо за встановленою залежністю:

$$T_v = T_{v1} + T_{v2} \quad (2.5)$$

де T_{v1} — час, необхідний на встановлення деталі та її зняття після завершення операції, хв;

T_{v2} — час, пов'язаний із супровідними діями під час зварювання, хв.

Отже, допоміжний час для даної операції дорівнює:

$$T_v = 3 + 0,9 = 3,9 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховуємо за відповідною залежністю з урахуванням коефіцієнта $K_d = 0,15$:

$$T_{\text{дод}} = T_{\text{оп}} \cdot K_{\text{д}} / 100 \quad (2.6)$$

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{o}} + T_{\text{в}} \quad (2.7)$$

де $T_{\text{оп}}$ — оперативний час, тобто сума основного та допоміжного часу на виконання операції.

$$T_{\text{дод}} = 0,15 \cdot (3,7 + 3,9) = 1,1 \text{ хв}$$

Для даної операції підготовчо-заклучний час становить $T_{\text{п-з}} = 7 \text{ хв}$.

Після цього розраховуємо штучний час за встановленою залежністю:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{o}} + T_{\text{в}} + T_{\text{дод}} \quad (2.8)$$

$$T_{\text{шт}} = 3,7 + 3,9 + 1,1 = 8,7 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на виконання операції розраховуємо за відповідною залежністю:

$$T_{\text{ш-к}} = (T_{\text{o}} + T_{\text{в}} + T_{\text{дод}} + T_{\text{п-з}}) / n_{\text{д}} \quad (2.9)$$

$$T_{\text{ш-к}} = 3,7 + 3,9 + 1,1 + 7 = 15,7 \text{ хв}$$

Сумарний штучно-калькуляційний час на виконання операції: $T_{\text{ш-к}} = 15,7 \text{ хв}$.

Таблиця 2.2—Зведена таблиця режимів та норм часу

№ операції	Найменування операції, переходу	Глибина різання t , мм	Довжина різання l , мм	Подача S_o , мм/об	Швидкість V , м/хв	Частота обертання n	Основний час, $t_{\text{осн.}}$, хв	Штучний час, $t_{\text{шт.}}$, хв	Підг.-закл. час, $t_{\text{п.з.}}$, хв
005	Слюсарна	-	-	-	-	-	3,2	4,7	5
010	Слюсарна	-	-	-	-	-	6,8	9,2	7
015	Свердлильна	10	-	0,1	17,2	600	1,8	4,6	5
020	Свердлильна	28	-	0,1	14,3	260	2,1	5,2	5
025	Зварювальна	-	-	-	-	-	3,7	8,7	10
030	Слюсарна	-	-	-	-	-	12,4	25,1	10
035	Слюсарна	-	-	-	-	-	16,0	34,2	10
040	Плоскошліфувальна	0,028	587	3,5	22	-	8,1	12,5	4

2.6 Функціональне призначення пристосування

Під час виконання поточного ремонту двигунів виникає потреба у здійсненні значної кількості монтажно-демонтажних операцій, які потребують підвищеної уважності, точності та дотримання вимог безпеки праці. Особливо складними і потенційно небезпечними є роботи, пов'язані з розбиранням вузлів, що тривалий час працювали в умовах високих температур, дії продуктів згоряння палива та мастильних матеріалів. У таких випадках на поверхнях деталей накопичуються нагар, смолисті

відкладення та продукти коксування, які ускладнюють демонтаж і можуть стати причиною пошкодження елементів вузла або травмування працівника [18–21, 25].

У процесі ремонту головок блока циліндрів виконують цілий комплекс технологічних операцій. До них належать зняття механізмів коромисел, демонтаж клапанів, форсунок, вставок камер згоряння, стаканів форсунок, а також розбирання супутніх елементів кріплення. Крім власне розбирання, необхідно проводити очищення поверхонь від залишків прокладкового матеріалу, шару нагару, мастильних забруднень і корозійних відкладень. Важливе місце займають промивання деталей, підготовка їх до дефектування, а також видалення зламаних або пошкоджених шпильок, що часто потребує значних зусиль і застосування додаткового інструменту.

Складність виконання зазначених операцій полягає не лише у великій трудомісткості, а й у необхідності забезпечення цілісності оброблених поверхонь, різьбових отворів та посадочних місць. Використання випадкового або невідповідного інструменту під час розбирання може призвести до пошкодження деталей, порушення геометрії посадок, утворення задирок, тріщин чи деформацій. Окрім цього, значна фізична напруга під час демонтажу прикипілих або закоксованих елементів підвищує ризик виробничого травматизму, особливо за відсутності спеціальних пристроїв для фіксації та безпечного зняття деталей.

З огляду на це, для підвищення рівня безпеки праці, полегшення виконання ремонтних робіт і забезпечення належної якості відновлення доцільним є застосування спеціального комплексу технологічного оснащення для ремонту головок циліндрів двигунів Д-240 і Д-65, які широко використовуються на тракторах сімейства МТЗ. Таке оснащення дає змогу раціоналізувати виконання основних операцій, зменшити витрати ручної праці, скоротити тривалість ремонту та створити більш зручні умови для обслуговуючого персоналу.

Спеціальні пристосування забезпечують надійну фіксацію головки блока циліндрів у потрібному положенні, спрощують демонтаж клапанів, пружин, форсунок та інших елементів, а також дають змогу безпечно виконувати допоміжні операції з очищення та дефектування. Їх застосування сприяє зменшенню ймовірності пошкодження деталей у процесі розбирання, підвищує точність і культуру виконання ремонтних робіт, а також позитивно впливає на загальну ефективність технологічного процесу.

2.7 Конструктивна характеристика пристосування

До складу комплексу технологічного оснащення, призначеного для ремонту двигунів Д-240 і Д-65, а також їх головок блока циліндрів, входить низка спеціальних пристроїв, за допомогою яких виконують основні демонтажні операції. Застосування такого оснащення дає змогу полегшити розбирання вузлів, зменшити трудомісткість робіт, підвищити безпечність праці та запобігти пошкодженню деталей під час ремонту. Кожен елемент комплексу має конкретне функціональне призначення і використовується на певному етапі технологічного процесу.

Першим елементом комплексу є знімач головки блока циліндрів. Цей пристрій призначений для надійного захоплення головки та її безпечного зняття з двигуна без перекосів і ударних навантажень. Основою конструкції є сталевий круглий пруток діаметром 36 мм, який має достатню міцність для сприйняття навантажень, що виникають у процесі демонтажу. Після виконання токарної обробки на обох кінцях заготовки нарізають праву та ліву різьбу, що дає можливість симетрично встановити елементи захоплення. На різьбові ділянки монтують спеціальні траверси із захватами, які закріплюють за допомогою втулок, гайок і штифтів. Така конструкція забезпечує стійке фіксування головки блока циліндрів, рівномірний розподіл зусиль при її зніманні та знижує ризик пошкодження посадочних і привалювальних поверхонь.

Другим пристроєм, що входить до комплексу, є ключ для викручування шпильок, оснащений ексцентриковим роликом. Його призначення полягає у безпечному та зручному демонтажі шпильок без пошкодження різьби і поверхні стрижня. Конструктивно цей інструмент складається з корпусу, трубки та спеціального кронштейна, які з'єднані між собою зварюванням у єдину жорстку систему. У пазу корпусу розташовано ексцентриковий ролик, закріплений на штифті шарнірним способом. Саме цей ролик під час повороту рукоятки створює затискне зусилля, яке забезпечує щільне охоплення шпильки та дозволяє передавати крутний момент для її викручування. Для полегшення роботи оператора в конструкції передбачено рухома рукоятку, що підвищує зручність користування інструментом та дає змогу прикладати необхідне зусилля без значного фізичного навантаження.

Третім складником комплексу є знімач вставок форсунок. Цей пристрій використовують під час демонтажу вставок, які внаслідок тривалої експлуатації можуть щільно утримуватися в посадочних місцях через нагар, корозійні нашарування або

термічне прикипання. Конструкція знімача містить гвинт, зварну скобу, стійку та перекладину з різьбовим отвором. Робочий принцип пристрою ґрунтується на створенні осьового зусилля за допомогою гвинтового механізму, що забезпечує поступове й контрольоване витягування вставки без різких ударів і перекосів. Для розширення технологічних можливостей конструкцією передбачено використання змінних втулок різного діаметра, спеціальної насадки та клина. Завдяки цим елементам забезпечується надійне захоплення вставок форсунок різних типорозмірів і підвищується універсальність пристрою.

Усі перелічені елементи комплекту технологічного оснащення мають просту, але функціонально обґрунтовану конструкцію. Вони виготовляються з міцних матеріалів, придатних до роботи в умовах ремонтного виробництва, і забезпечують можливість багаторазового використання. Їх застосування сприяє підвищенню продуктивності праці, покращенню якості виконання демонтажних операцій та зменшенню ймовірності пошкодження деталей, що ремонтуються.

2.8 Схеми роботи знімача

Робота знімача, призначеного для демонтажу головки блока циліндрів, ґрунтується на створенні контрольованого зусилля, яке забезпечує безпечне відокремлення головки від блока циліндрів без перекосів і пошкодження спряжених поверхонь. Перед початком роботи спочатку знімають кришку головки блока циліндрів, для чого послідовно відвертають усі елементи її кріплення [18–21, 25]. Після виконання цієї операції відкривається доступ до зони встановлення пристосування та забезпечується можливість подальшого демонтажу вузла.

На наступному етапі захвати пристосування вводять у стик між головою блока та блоком циліндрів. Таке розташування робочих елементів дає змогу надійно зафіксувати пристосування відносно деталі та забезпечити правильну передачу зусилля. Далі обертанням гвинта створюють осьове зусилля, під дією якого головка блока поступово відокремлюється від блока циліндрів. Застосування гвинтового механізму дозволяє виконувати цю операцію плавно, без ударних навантажень, що має важливе значення для збереження привалювальних площин, шпильок та інших елементів кріплення. Після того як головка буде зрушена з місця і послаблено її посадку, остаточне зняття здійснюють за допомогою тельфера, який приєднують до серги пристосування.

Це полегшує піднімання вузла, зменшує фізичне навантаження на працівника та підвищує безпеку виконання роботи.

Для демонтажу шпильок застосовують спеціальний ключ з ексцентриковим роликом. Принцип його роботи полягає у самозатискному захопленні шпильки під час прикладання крутного моменту. Корпус ключа насаджують на виступаючу частину шпильки, після чого за допомогою рукоятки виконують провертання інструмента. У момент обертання ексцентриковий ролик зміщується та щільно притискає шпильку до внутрішньої поверхні корпусу. У результаті виникає надійне заклинювання, яке дозволяє передати необхідне зусилля для викручування шпильки з різьбового отвору. Така конструкція забезпечує зручність роботи, зменшує ймовірність зриву поверхні шпильки та дає можливість виконувати операцію без застосування надмірних ударних або ривкових навантажень.

Під час видалення втулок форсунок із головки блока циліндрів використовують окремий знімач, робота якого також базується на створенні поступового осьового зусилля. Спочатку в отвір втулки встановлюють спеціальну насадку. Після цього обертанням гвинта забезпечують розклинювання нижньої частини насадки, завдяки чому вона міцно зчіплюється з внутрішньою поверхнею втулки. Далі насадку з'єднують із гвинтом через втулку, що формує єдину силову систему пристрою. При подальшому обертанні втулки або гвинта скоба пристрою впирається в поверхню головки блока циліндрів і створює зусилля, під дією якого втулка форсунки поступово випресовується з посадочного місця. Такий спосіб демонтажу забезпечує рівномірне вилучення втулки, знижує ризик пошкодження отвору в головці блока та сприяє збереженню придатності базових поверхонь до подальшого ремонту.

2.9 Заходи безпеки під час експлуатації пристосування

Комплект технологічного оснащення слід експлуатувати відповідно до чинних вимог нормативних документів з охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії, установлених для ремонтних підприємств системи сервісного обслуговування сільськогосподарської техніки в Україні, а також до вимог, що ставляться до ремонтно-технологічного обладнання.

2. Починати роботу з комплектом дозволяється лише після перевірки його справності та готовності до безпечної експлуатації.

3. Особи, які працюють із комплектом, повинні пройти відповідний інструктаж з техніки безпеки, виробничої санітарії та заходів безпеки, що стосуються безпосередньо роботи з даним оснащенням.

2.10 Регламент технічного обслуговування пристосування

Технічне обслуговування комплекту зводиться до проведення регулярного щозмінного та періодичного догляду. Експлуатація комплекту допускається в приміщеннях категорії У 2.6 згідно з вимогами ДСТУ 8216:2015. Обслуговування та контроль технічного стану комплекту має здійснювати слюсар кваліфікації 4-го розряду.

2.11 Силовий розрахунок оснастки

Трудомісткість операцій розбирання при ремонті машин сягає 60–65 % від загальної трудомісткості розбірних робіт. Значну частку серед усіх з'єднань у конструкціях машин займають різьбові з'єднання, кількість яких становить близько 15–20 % від їх загального числа [16–21, 25]. Досвід ремонтного виробництва свідчить, що під час демонтажу різьбових з'єднань, які тривалий час перебували в експлуатації, необхідно прикладати більший крутний момент, ніж при їх затягуванні. Це ускладнює використання механізованого інструменту, збільшує трудомісткість ремонту та може спричинити пошкодження деталей.

Якщо подати процес відкручування у вигляді залежності крутного моменту від кута повороту гайки $M_0 = f(\varphi)$ і проаналізувати відповідну діаграму (рис. 2.1), то можна виділити три послідовні стадії процесу: страгування, послаблення та вільне відгвинчування.

Для першої стадії — стадії страгування — крутний момент визначається за відповідним виразом:

$$M_c = M_3 K_1 + M_{др} + M_{дт} \quad (2.10)$$

де M_3 — момент попереднього затягування різьбового з'єднання;

K_1 — коефіцієнт, що враховує ступінь ослаблення попереднього затягування в процесі експлуатації;

$M_{др}$ і $M_{дт}$ — додаткові складові крутного моменту, які витрачаються на руйнування шару матеріалу, що утворився між деталями різьбового з'єднання.

У такому разі момент страгування різьбового сполучення визначається за відповідною залежністю:

$$M_c = \tau_c \cdot N \quad (2.11)$$

де τ_c — коефіцієнт, що характеризує силову взаємодію в процесі страгування різьбового з'єднання; його значення визначають за даними таблиці 2.2.



Рисунок 2.1 – Діаграма зміни крутного моменту в процесі відкручування гайки різьбового з'єднання

Крутий момент на стадії вільного відкручування M_x визначається за залежністю, аналогічною виразу для моменту страгування:

$$M_x = \tau_x \cdot N_p \quad (2.12)$$

де τ_x — коефіцієнт, що характеризує силову взаємодію в процесі вільного відкручування, Н/мм²;

N_p — геометричний параметр різьбової поверхні сполучення, мм³.

У таблиці 2.2 наведено значення коефіцієнтів силової взаємодії для стадій страгування та вільного відкручування різьбового з'єднання.

Таблиця 2.2 – Значення коефіцієнтів силової взаємодії

Група експлуатації нарізного сполучення	Коефіцієнти силової взаємодії	
	страгивание, τ_c , Н / мм ²	Вільного відкручування, τ_c , Н / мм ²
Легка	25-35	1,0-2,0
Середня	40-50	3,0-4,0
важка	60-80	5,0-6,0

У результаті розрахунку встановлено, що крутий момент при відкручуванні шпильки дорівнює 88 Н·м. Подальший аналіз виконуємо на основі гіпотези Бернуллі, спираючись на схему, подану на рисунку 2.1.

$$\sum Y_i = 0; R_a - F = 0; R_a = F \quad (2.13)$$

$$\sum M_a = 0; M_o - Fl = 0; M_a = Fl \quad (2.13)$$

Точка В відповідає таким значенням:

$$\sum Y_i = 0; -F - Q = 0; Q = F_i \quad (2.14)$$

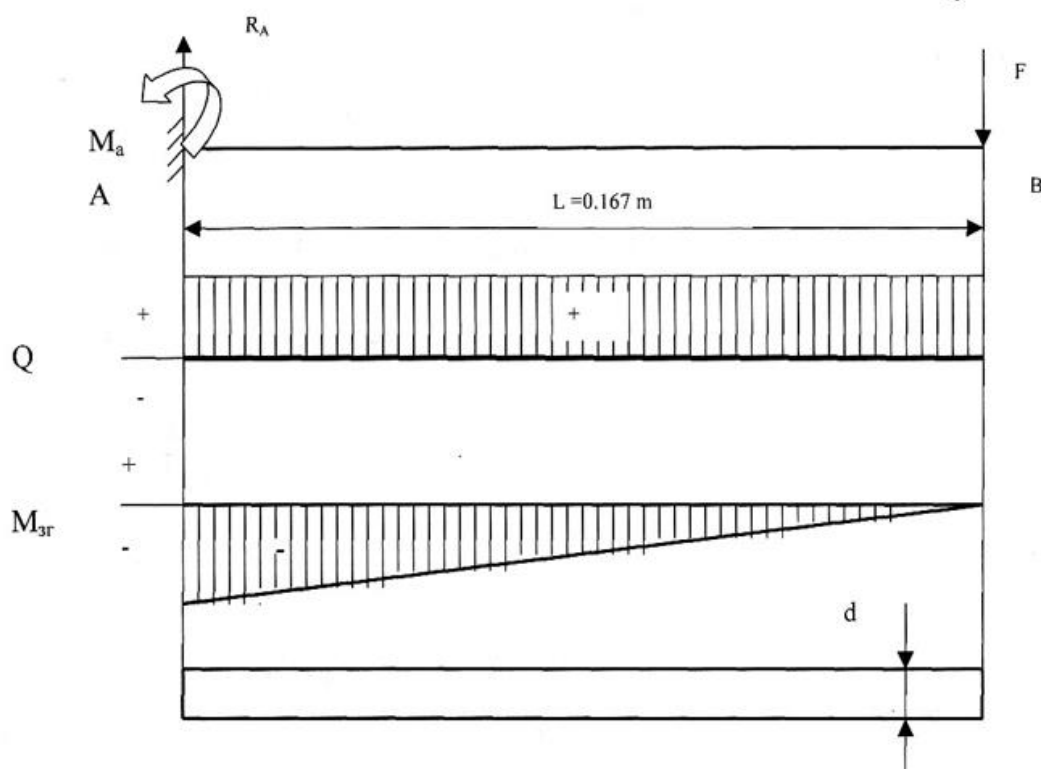


Рисунок 2.2 – Схема відносності розмірів до точок

Точка $\frac{l}{2}$; $\sum y_i = 0; -F + Q = 0; Q = F$. $\sum M_c = 0; -M_{зг} - F \frac{1}{2} = 0; M_{зг} = F \frac{1}{2}$.

До точки А відноситься таке співвідношення формул:

$$\sum y_i = 0_i; -F + Q = 0; Q = F \quad (2.15)$$

$$\sum M_c = 0; -M_{зг} - Fl = 0; M_{зг} = Fl \quad (2.16)$$

$$\frac{\pi d^2}{4} \geq \frac{M_{зг}}{[n]}; \pi \cdot d^2 \cdot [n] = 4 \cdot M_{зг} \quad (2.17)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{зг}}{\pi \cdot [n]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F \cdot l}{\pi \cdot [n]}} \quad (2.18)$$

$$n = \frac{4 \cdot M_{зг}}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 50 \cdot 176}{3,14 \cdot 24^2} = 19,2 \rightarrow [n] = 1,5 \dots 1,8$$

Для корпусу ключа виконуємо відповідний розрахунок:

$$M_{кр} = 88 \text{ Нм}; \tau = \tau_{max} = \frac{M_{кр}}{W_p}; \quad (2.19)$$

$$W_p = 0,2d_3^3 - 0,2d_b^3 = 0,2 \cdot 0,012^3 - 0,2 \cdot 0,017^3 = 5,6 \text{ см}^3$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_p} \leq [\tau_{кр}] = 20 \dots 140 \text{ МПа} \quad (2.20)$$

$$W_p \geq \frac{M_{кр}}{[\tau_{кр}]}; d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot [\tau_{кр}]}} \quad (2.21)$$

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{16 \cdot M_{\text{кр}}}{\pi \cdot d^3} = \frac{M_{\text{кр}}}{W_p} \quad (2.22)$$

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{16 \cdot 88}{3,14 \cdot 0,032} = \frac{88}{5,6} \approx 15,7 \text{ МПа} \leq [\tau_{\text{кр}}] \quad (2.23)$$

Оскільки розраховане значення відповідає умові міцності, остаточно приймемо діаметр $d = 32 \text{ мм}$.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів виробництва

Під час спостереження за технологічним процесом виробництва на підприємстві, а також за умовами праці персоналу, було виявлено низку шкідливих виробничих факторів. До них належать загазованість повітря на зварювально-наплавлювальних дільницях, наявність шкідливих випарів на акумуляторній дільниці, а також підвищений рівень шуму на дільницях складання та штампування [22].

Разом із тим слід зазначити, що більшість виявлених шкідливих факторів не перевищує встановлених гранично допустимих норм. Підвищеної уваги потребує насамперед шумове навантаження на дільницях штампування та складання, де рівень шуму може виходити за межі нормативних значень.

Зварювальні роботи належать до видів професійної діяльності підвищеної небезпеки. Це пояснюється наявністю значної кількості небезпечних і шкідливих чинників, які можуть призвести до травмування працівника або негативно вплинути на його здоров'я.

До основних ризиків, що супроводжують виконання зварювальних робіт, належать:

1. Іскри, які утворюються під час зварювання, здатні пропалювати більшість видів тканин, за винятком спеціального захисного одягу, що може спричинити опіки різного ступеня тяжкості.
2. Бризки розплавленого металу можуть пошкоджувати взуття, особливо виготовлене зі штучних матеріалів.
3. У процесі плавлення металу утворюються гарячі пари, які становлять небезпеку для шкіри обличчя та органів зору.
4. Іскри, що вилітають під час зварювання, можуть спричинити займання легкозаймистих матеріалів, розташованих поблизу робочого місця.
5. За наявності пошкодженої ізоляції кабелів виникає небезпека ураження електричним струмом.
6. Під час роботи зварювального обладнання утворюється підвищений рівень шуму.
7. На працівника впливають ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання.

8. Під час дугового зварювання виникає яскраве світіння, яке негативно впливає на органи зору.

9. У повітря робочої зони під час плавлення металів виділяються шкідливі речовини, зокрема сполуки свинцю, хрому, цинку, кадмію та інших елементів, що негативно діють на органи дихання.

10. Існує висока ймовірність отримання опіків від теплового впливу пальника або електричної дуги.

Для забезпечення безпечних умов праці при виконанні зварювальних робіт необхідно дотримуватися загальних правил техніки безпеки:

1. Постійно контролювати процес формування зварного шва.
2. Огороджувати робочу зону захисними екранами висотою не менше 1,8 м, щоб випромінювання зварювальної дуги не впливало на оточуючих.
3. Не допускати на робочому місці наявності сміття, легкозаймистих та вибухонебезпечних матеріалів.
4. Використовувати засоби індивідуального захисту очей і обличчя.
5. Переміщувати зварювальне обладнання лише після повного відключення його від електромережі.
6. Стежити за тим, щоб зварювальні кабелі не перекручувалися та не пошкоджувалися під час роботи.

Під час виконання зварювальних операцій працівник обов'язково повинен бути забезпечений спеціальним захисним одягом і засобами індивідуального захисту. До них належать краги з вогнетривких матеріалів, шкіряне або повстяне взуття, захисна маска, а за необхідності — респіратор і каска.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Визначення техніко-економічного критерію

Техніко-економічний критерій характеризує залежність між витратами на відновлення деталі та строком її подальшої служби після усунення дефектів. Умова техніко-економічної ефективності:

$$C_v \leq K_d C_n \text{ або } C_v / K_d \leq C_n \quad (4.1)$$

де C_v — витрати на відновлення деталі, грн;

C_n — вартість нової деталі, грн.

Якщо вартість нової деталі відсутня або її неможливо встановити, техніко-економічний критерій доцільно оцінювати за залежністю:

$$K_T = C_v / K_d \quad (4.2)$$

де K_T — коефіцієнт техніко-економічної ефективності способу відновлення;

C_v — собівартість відновлення одиниці площі зношеної поверхні деталі, грн/м².

Критерієм вибору найбільш доцільного способу є мінімальне значення коефіцієнта K_T . Для розглянутих варіантів відновлення одержано такі результати: для способу із застосуванням додаткових ремонтних деталей — 16,12; для способу обробки під ремонтний розмір — 9,41; для способу зварювання — 5,0.

Таким чином, з техніко-економічної точки зору найбільш ефективним є спосіб зварювання, оскільки саме для нього отримано найменше значення коефіцієнта K_T . Узагальнені характеристики обраних способів відновлення та результати розрахунків подаємо в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1— Характеристика способів відновлення дефектів деталі

№ дефекта	Спосіб відновлення	Значення коефіцієнтів						
		K_I	K_v	K_{sc}	K_n	K_d	K_T	C_v , грн/дм ²
Деф. 2,4,5	ДРД	1	0,8	1	0,9	0,8	5,00	4
Деф. 1,3	Ремонтний розмір	1	1	1	0,9	1	1,00	0,8
Деф.6	Зварювання	0,9	0,8	1	0,9	0,8	5,00	4

ВИСНОВОК

У конструкторсько-технологічному розділі було розглянуто порядок розбирання та складання масляного насоса двигуна ЯМЗ-236, а також обґрунтовано технологію відновлення корпусу його основної секції. На основі аналізу конструкції вузла встановлено раціональну послідовність виконання розбирально-складальних операцій, що дає змогу забезпечити зручність ремонту, зменшити ймовірність пошкодження справних деталей і підвищити якість виконання робіт. У роботі також передбачено оформлення повного комплекту технологічної документації, необхідної для практичної реалізації процесу ремонту в умовах ремонтного виробництва.

У результаті дефектування корпусу масляного насоса визначено основні пошкодження, які підлягають усуненню, а саме: спрацювання різьбових отворів, зношування торцевої поверхні гнізд під шестерні та спрацювання отвору під валик веденої шестерні. Для кожного з цих дефектів запропоновано відповідні технологічні операції відновлення із застосуванням свердлильної, слюсарної, шліфувальної та токарної обробки. Обраний маршрут ремонту дає змогу відновити геометричні параметри корпусу, забезпечити його подальшу працездатність і продовжити строк служби масляного насоса.

Отже, розроблений технологічний процес розбирання, складання і відновлення корпусу масляного насоса є технічно обґрунтованим та придатним для використання у ремонтній практиці. Його впровадження сприятиме підвищенню надійності роботи системи мащення двигуна ЯМЗ-236, зменшенню витрат на заміну дорогих корпусних деталей і поліпшенню загальної ефективності ремонтного виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ремонт машин та обладнання : підручник / В. І. Черкун, М. І. Белов, О. В. Мельник. Київ : Урожай, 2018. 376 с.
2. Технологія ремонту машин : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, О. А. Науменко, А. Я. Поліський. Харків : ХНТУСГ, 2017. 452 с.
3. Ремонт сільськогосподарської техніки : навч. посіб. / В. М. Кравчук, М. І. Грицишин, В. В. Каплун. Київ : Аграрна освіта, 2015. 320 с.
4. Технологічні процеси ремонту машин : навч. посіб. / А. І. Бойко, В. М. Чумак, С. П. Погорілий. Київ : НУБіП України, 2016. 428 с.
5. Надійність і ремонт машин : навч. посіб. / В. Я. Анілович, В. М. Гриньов, М. І. Черновол. Харків : ХДТУСГ, 2014. 348 с.
6. Черновол М. І. Відновлення деталей машин : навч. посіб. Кіровоград : КНТУ, 2012. 352 с.
7. Молодик М. В., Зенкін А. С. Відновлення деталей машин. Київ : Урожай, 1989. 264 с.
8. Організація та технологія ремонту машин : навч. посіб. / В. М. Барановський, С. М. Кухарець, В. М. Поліщук. Житомир : ЖНАЕУ, 2018. 286 с.
9. Трактори та автомобілі : підручник / В. М. Погорілий, В. М. Кравчук, О. В. Лавріненко. Київ : Урожай, 2016. 420 с.
10. Двигуни внутрішнього згоряння : підручник / А. П. Марченко, А. Ф. Шеховцов, В. В. Пильов. Харків : НТУ «ХП», 2015. 500 с.
11. Автотракторні двигуни : навч. посіб. / В. М. Кравчук, М. І. Грицишин, В. В. Каплун. Київ : Аграрна освіта, 2014. 312 с.
12. Технічна експлуатація машинно-тракторного парку : навч. посіб. / В. М. Кравчук, В. М. Погорілий, В. В. Каплун. Київ : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2015. 360 с.
13. Деталі машин і основи конструювання : підручник / М. Н. Кіницький, В. О. Бойко, М. М. Кіницький. Київ : Кондор, 2018. 520 с.
14. Писаренко Г. С., Квітка О. Л., Уманський Е. С. Опір матеріалів : підручник. Київ : Вища школа, 2004. 655 с.
15. Розрахунок і конструювання пристроїв та оснащення : навч. посіб. / В. О. Бойко, О. М. Кіницький. Київ : Кондор, 2017. 280 с.
16. Металорізальні верстати та технологічне оснащення : навч. посіб. / В. В.

Боженко, О. М. Литвиненко. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 368 с.

17. Технологія машинобудування : підручник / М. А. Солонинко, О. І. Капустян, В. В. Мельник. Львів : Новий Світ-2000, 2018. 536 с.

18. Технологічне обладнання для технічного обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. / В. П. Волков, В. М. Павленко, О. Б. Комов. Харків : ХНАДУ, 2016. 440 с.

19. Зварювання та наплавлення в ремонтному виробництві : навч. посіб. / В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов. Київ : Арістей, 2005. 284 с.

20. Газотермічне напилення покриттів : навч. посіб. / В. І. Похмурський, М. М. Студент, В. М. Довгуник. Львів : Простір-М, 2017. 180 с.

21. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 55 с.

22. ДСТУ 2.604:2005. Єдина система конструкторської документації. Кресленики ремонтні. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 18 с.

23. ДСТУ 2604:2005. Єдина система технологічної документації. Терміни та визначення основних понять. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 32 с.

24. ДСТУ 2500-94. Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1994. 52 с.

25. ДСТУ ISO 286-1:2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилів та посадок. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 44 с.